

Ковальов О. В.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПЕЧЕЙ

Визначення раціональних режимів роботи хлібопекарських печей є важливою задачею, тому що робота печі при цьому режимі може призвести до значної економії палива. У промислових печах однією з основних величин, найбільш чутливою до зміни навантаження, є температура газів, що ідуть у навколишнє середовище. Тому задача визначення теплового навантаження печі є дуже важливою.

Ключові слова: раціональний режим, хлібопекарська піч, паливо, температура, теплота, продуктивність, хліб.

1. Вступ

Хлібопекарська піч може працювати з різною продуктивністю G , при цьому величина питомої витрати палива $b = f(G)$ буде змінюватися. Раціональна робота печі досягається тоді, коли питомі витрати палива досягають мінімального значення. Визначення раціональної продуктивності з точки зору економії теплоти є важливою задачею. У промислових печах однією з основних величин, найбільш чутливою до зміни продуктивності, є температура відпрацьованих газів $t_{\text{від}}$, які ідуть із печі у навколишнє середовище. Це у свою чергу пов'язано з значною втратою теплоти з відпрацьованими газами q_r . Остання величина визначає зміну витрати палива, яке не пов'язане безпосередньо з продуктивністю печі. Тому задача визначення раціональної продуктивності печі зводиться головним чином до встановлення точної або наближеної залежності величини температури відпрацьованих газів від продуктивності.

Автором даної роботи проведені досліджування роботи печей з рециркуляцією продуктів згорання (рис. 1) — найбільш розповсюдженого типу хлібопекарських печей, при перемінних режимах роботи.

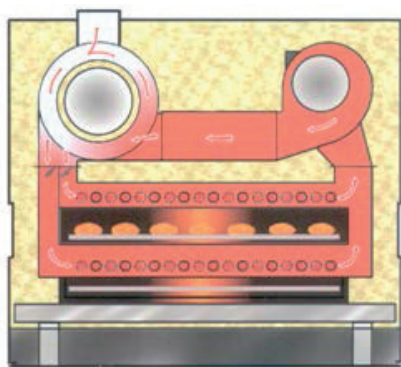


Рис. 1. Схема рециркуляційного нагріву печі

У цих печах підвищення продуктивності призводить до збільшення температури відпрацьованих газів, зниження — до зменшення температури відпрацьованих газів. Збільшення температури відпрацьованих газів,

що відбувається з ростом продуктивності печі зумовлюється тим, що підвищення продуктивності викликає відповідну зміну теплового потоку в робочу камеру печі. Ця зміна відбувається в результаті збільшення витрати палива і підвищення початкової температури гріючих газів. При цьому зростання сумарної ентальпії газів визначає збільшення тепловіддачі від них, що приводить до росту відпрацьованих газів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Важливе місце у виробництві життєво необхідних продуктів харчування займає хлібопекарська галузь. Ця галузь забезпечує практично повне задоволення потреби населення України в масових сортах хлібобулочних виробів, але в той же час, якість хлібобулочних виробів, які виробляються нині, потребують подальшого істотного поліпшення. Це поліпшення можна досягти підвищенням ефективності окремих стадій хлібопекарського виробництва, зокрема основної з цих стадій — випічки. Вона здійснюється в хлібопекарських печах, від міри досконалості яких багато в чому залежать як властивості хлібобулочних виробів, так і загальні витрати енергії на їх отримання.

Виходячи з актуальності проблеми підвищення ефективності випічки, в сучасних хлібопекарських печах, мета намічених досліджень полягала в поліпшенні якості широкого асортименту хлібобулочних виробів при раціональному використанні сировини і паливно-енергетичних ресурсів.

Розробка нових і модернізація діючих хлібопекарських печей сполучена з необхідністю виконання їхнього теплового розрахунку. У розробці цієї методики велику роль зіграли наукові дослідження А. С. Гінзбурга, В. О. Фогеля, І. І. Маклюкова, М. Н. Сігала, А. А. Міхелева, О. Т. Лісовенко, В. І. Маклюкова, О. В. Володарського й ін. [1–9]. В даний час цю методику можна вважати сформованою та визнаною, але разом з тим окремі її розділи мають потребу в переробці і змінах по цілому ряду причин.

Виконання теплового розрахунку хлібопекарських печей починається з обґрунтування оптимального зна-

чення тривалості випічки. Від цього параметра з однієї сторони залежить витрата споживаної енергії, а з іншого боку — він істотно впливає на якість отриманої продукції.

Згідно даних роботи [7], тривалість процесу випічки обумовлена багатьма факторами. До них відносяться теплофізичні властивості виробів, що випікаються, їхня маса і форма, інтенсивність теплової обробки і спосіб випічки.

Дослідження виробничого і лабораторного характеру показали, що закінчення процесу випічки можна об'єктивно встановлювати за результатами виміру температури в центральній області виробів, які випікаються. У момент їхньої готовності рівень відзначеної температури повинний відповідати максимальному значенню температури випаровування води при атмосферному тиску $t_{\text{исп}}$ рівному приблизно 98–99 °С.

З огляду на цей факт, А. С. Гинзбург [2] та А. А. Міхелев [4] розробили оригінальні аналітичні підходи до оцінки тривалості випічки. Основою для них з'явилося рівняння, що характеризує закономірність зміни середньої температури термічно масивних тіл t , нагрівання яких здійснюється в середовищі з відомою температурою t_c .

Початковий етап теплового розрахунку хлібопекарських печей зв'язаний не тільки з визначенням оптимального значення тривалості випічки, але і з обчисленням витрати теплоти в цьому процесі.

Відповідно до існуючих уявлень про механізм протікання випічки [2, 4, 8, 7, 10–12], у його першій стадії теплота витрачається в основному на прогрів маси ВТЗ, яка поступово стає пружною м'якушкою. При цьому частина теплоти затрачається на поверхневе випаровування води, що ускладнюється явищем термовологопровідності — переміщенням води з периферійних шарів ВТЗ (тістових заготовок, що випікаються) у їхню центральну область. В другій стадії процесу випічки — витрата теплоти на випар води стає переважним у порівнянні з її витратами на остаточний прогрів маси ВТЗ, що складаються вже не тільки з м'якушки, але і кірки. Маючи дані про закономірності процесу випічки, багатьма дослідниками неодноразово ставилася задача по аналітичному визначенню температури ВТЗ. Найбільше близько до її рішення підійшли А. С. Гинзбург [2], В. О. Фогель [9] та А. А. Міхелев [4]. У своїх роботах вони ґрунтувалися на класичному описі температурного поля твердих тіл.

Не дають бажаного результату і чисельні методи визначення температури ВТЗ, розроблені А. С. Гинзбургом [2] та А. А. Міхелевим [4]. Порозумівається це тим, що для реалізації перерахованих методів необхідно оперувати адекватними експериментальними даними по теплофізичним характеристикам ВТЗ, що з необхідною точністю ще не отримані.

У такий спосіб існуючі підходи до аналітичного визначення температури ВТЗ мають потребу в розвитку й удосконалюванні. З цієї причини в більшості випадків тепловий розрахунок хлібопекарських печей виконується на основі дослідних температурних кривих процесу випічки. Що ж стосується розрахунку витрати теплоти на випічку, то при його обчисленні важливим є не стільки визначення поточної температури ВТЗ, скільки оцінка її значення відповідно для тіста перед випічкою t_T , м'якушки по закінченні випічки t_M і кірки t_k .

В зв'язку з цим підвищення ефективності випічки в сучасних хлібопекарських печах є актуальною науково-технічною проблемою, що має велике народногосподарське значення. Її рішення вимагає проведення комплексних наукових досліджень, спрямованих на поглиблене вивчення закономірностей і механізму протікання випічки, дослідження обґрунтованих методів оптимізації цього процесу, а також на створення енергозощаджуваних конструкцій хлібопекарських печей з найбільш поширеною радіаційно-конвективною (РК) системою обігріву.

Саме у цьому напрямі проводилися дослідження.

3. Мета та задачі дослідження

Мета наших досліджень — установлення залежності температури відпрацьованих газів від продуктивності печі і визначення найбільш раціональної продуктивності для печей даного типу.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні науково-дослідні задачі:

- встановити закономірності зовнішнього тепло-масообміну при прогріванні тістових заготовок, що випікаються (ВТЗ);
- встановити закономірності внутрішнього тепло-масообміну, в зоні фазового переходу ВТЗ, хлібобулочних виробів;
- провести комплексне дослідження впливу режиму РК випічки на показники якості хлібобулочних виробів і технологічні витрати, які обумовлені тепло-масообміном в хлібопекарських печах;
- уточнити методику теплового розрахунку хлібопекарських печей і здійснити її практичне використання при створенні енергозощаджуючої техніки випічки хлібобулочних виробів.

Рішення цих завдань об'єднувалося єдиним задумом, що полягає в підвищенні ефективності випічки хлібобулочних виробів на основі комплексного використання закономірностей формування їх якості і управління інтенсивністю енергопідведення в хлібопекарських печах з РК системою обігріву.

З метою визначення вхідних шуканих величин і функції відпрацьованих газів від продуктивності для хлібопекарських печей з рециркуляцією продуктів згорання проведені дослідження, при перемінних режимах, на печі К-ПХМ-25 (рис. 2). Основні параметри хлібопекарської печі наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Основні параметри, що характеризують роботу печі К-ПХМ-25

№ п/п	Показник	Величина
1	Час випічки $\tau_{\text{вып}}$, хв	42
2	Середнє упікання, віднесене до маси гарячого хліба, $W_{\text{исп}}$, %	8,7
3	Витрата насиченої пари з тиском 0,11 МН/м ² G_p , кг/т	135
4	Максимальна температура середовища пекарної камери t_c , °С	270
5	Середній вологовміст середовища пекарної камери x , кг/кг	0,5
6	Температура підігріву колиски Δt_p , °С	100
7	Усереднена на поверхні температура обшивки печі $t_{\text{общ}}$, °С	40
8	Середній коефіцієнт витрати повітря: на виході з топки α_T на виході з грійочих каналів α_k на виході з печі $\alpha_{\text{ху}}$	1,2 2,5 3,0

Дослідження проводили при випічці хліба «Дарницького» подового масою 0,8 кг у всьому практично доцільному для цієї печі діапазоні змін продуктивності $G = 0,069\text{--}0,079$ кг/с, (у відсотках) $G = 100\text{--}115$ %, якщо за 100 % прийняте навантаження $G = 0,069$ кг/год. У топці спалювали паливо пічне побутове (ТПБ) ТУ 38.101656-67.

Ці параметри практично були постійними в дослідженому діапазоні навантаження печі.

За результатами науково-дослідної роботи, у Національному університеті харчових технологій, розроблено конструкторську документацію на тупикову конвеєрну, з каналним обігрівом, хлібопекарську піч марки К-ПХМ-25, яку пропонується встановлювати замість печі ФТЛ-2. Хлібопекарська піч К-ПХМ-25 являє собою металеву блочну конструкцію, з колісковим конвеєром, та каналною системою обігрівання, з примусовою рециркуляцією газів. Піч призначена для випікання пшеничного, житнього та житньо-пшеничного хліба.

Хлібопекарська піч являє собою суцільнометалеву конструкцію, зібрану з окремих модулів, і теплоізовану зовні (рис. 2) і складається із завантажувально-розвантажувального пристрою 1, системи парозволоження 2, корпусу, який являє собою цільнометалеву конструкцію, яка зібрана з окремих модулів і теплоізована зовні мінеральною ватою 4. В середині печі розташовано верхній 5 та нижній 13 нагрівні канали, над якими знаходяться відповідно верхній 6 і нижній 12 газоходи, які мають шибери для подачі гріючих газів.

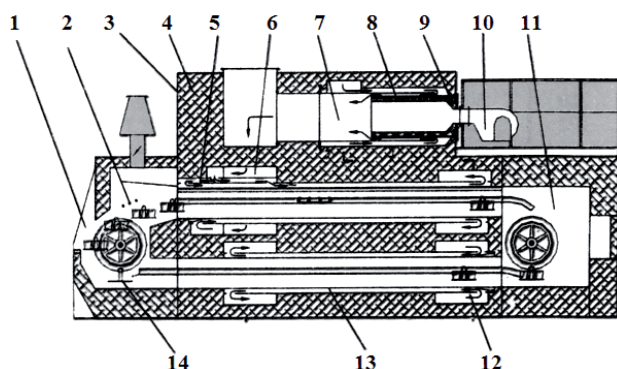


Рис. 2. Загальний вигляд хлібопекарської печі К-ПХМ-25:

- 1 — завантажувально-розвантажувальний пристрій; 2 — система парозволоження; 3 — суцільнометалева конструкція; 4 — теплоізоляція; 5, 13 — верхні і нижні нагрівальні канали; 6, 12 — верхні і нижні газоходи; 7 — топка; 8 — камера змішування; 9 — муфель; 10 — пальник; 11 — пекарна камера, 14 — колісковий конвеєр

Топково-запальниковий блок складається із топки 7, камери змішування 8, муфеля 9, запальника 10. Тістові заготовки переміщуються колісковим конвеєром 14. Пдача гріючих газів у газоходи пекарної камери 11 відбувається за допомогою вентилятора рециркуляції.

Принцип роботи печі заснований на подачі гріючих газів, які отримані за рахунок згорання палива у топці 7, в гріючі канали пекарної камери 11, в якій підтримується задана температура. Випікання тістових заготовок відбувається на колісковому конвеєрі 14, який разом з тістовими заготовками проходить через пекарну камеру 11. Готові вироби спеціальним розвантажувальним пристроєм подаються на відповідний транспортер.

Піч має контрольно-вимірювальні прилади для вимірювання та контролю параметрів технологічного режиму (температури в пекарній камері, тиску пари, що надходить на зволоження, тривалості випікання), параметрів процесу горіння палива (тиску газу і рідкого палива, тиску повітря біля пальників, розрідження в топці, температури продуктів згорання в камері змішування, наявності факела та ін.) за вимогами безпеки спалювання газу та рідкого палива). Технічні показники печі приведені в табл. 2.

Таблиця 2

Технічна характеристика печі К-ПХМ-25

№ п/п	Показник	Величина
1	Продуктивність, кг/год, не менше:	
	— батон нарізний з пшеничного борошна 1-го гатунку масою 0,4 кг	480
	— хліб білий з пшеничного борошна 1-го гатунку масою 0,8, формовий	790
	— хліб житньо-пшеничний, масою 0,8, подовий, кг/год	280
2	Робоча площа поду, м ²	25 ± 1,4
3	Встановлена потужність, кВт, не більше	8
4	Габаритні розміри, мм, не більше: довжина × ширина × висота	8500 × 4000 × 4600
5	Маса металоконструкцій, кг, не більше	8500
6	Питомі витрати умовного палива, кг/кг, не більше	0,05
7	Питомі витрати електроенергії, Вт · год/кг, не більше	14
8	Питомі витрати пари, кг/кг, не більше	0,2

Модуль завантаження-розвантаження складається з: камери, привідного вала, пристрою для парозволоження, пристрою для видалення парів.

Привід складається з: електродвигуна, пасової передачі, редуктора, ланцюгової передачі.

Пекарний модуль складається з: монтажних секцій, верхньої пекарної камери, нижньої пекарної камери, приєднувальних патрубків.

Газоходи пекарних камер мають шибери для регулювання подачі нагрівальних газів по ширині пекарної камери. Газоходи верхньої пекарної камери мають, крім того, шибер для регулювання подачі нагрівальних газів, у зону парозволоження.

Топково-запальниковий блок складається з: пальника, муфеля, топки.

Модуль натягнення конвеєра складається з: камери, вала з натяжними пристроями. У задній стінці є лаз-люк і оглядові лючки з підсвічуванням для спостереження за процесом випікання.

Система рециркуляції теплоносія містить у собі: напірний короб із запобіжно-вибуховим клапаном, розподільний газохід із шиберним пристроєм для розподілу газового потоку, колектор газів, що відходять, перехідник, вентилятор рециркуляції, пристрій розподілу газів, що рециркулюють.

Конвеєрно-колісковий пристрій містить у собі: ланцюговий конвеєр, коліски, пристрій для перекидання колісок (в разі потреби).

Система пароволоження складається з: водяних баків, трубопроводів із регулювальними вентилями, парової гребінки, пристрою для видалення конденсату.

Теплоізоляція й обшивка складається з: теплоізоляції, обшивки, площадки обслуговування, драбини, огорожень.

Система електроавтоматики складається з: давачів температури, шафи керування, що містить: пускову апаратуру, регулятори з здавачами температури, реле для продування системи, реле витримки конвеєра.

Така будова печі забезпечує високу ступінь заводської готовності, зменшує витрати палива та масу печі. Показники надійності печі наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Показники надійності печі

N п/п	Показник	Величина
1	Середнє напруження на відмову, год, не менше	600
2	Середній ресурс до капітального ремонту, років, не менше	3
3	Коефіцієнт технічного використання, не менше	0,9

Науковцями Національного університету харчових технологій була досліджена робота даної печі, яку встановлено на Ялтинському хлібокомбінаті КППХП «Кримхліб».

За час дослідження визначали технологічні параметри напівфабрикатів (закваски, тіста, тістових заготовок): вологість, температуру, тривалість бродіння, тривалість вистоювання та випікання, кислотність. Якість готової продукції оцінювали за фізико-хімічними (вологість, кислотність, пористість) і органолептичними показниками (стану поверхні хліба, структури пористості, еластичності та пропеченості м'якуша, товщини скоринки).

Для оцінки режиму випікання у печі проведені вимірювання температури середовища пекарної, відносної вологості середовища, температури центра м'якуша хліба і скоринки. Під час дослідження визначали упікання, продуктивність печі, витрати палива, пари і електроенергії. Вимірювання температури тіста-хліба визначали безперервно за допомогою батареї мідь-константанових термопар.

4. Результати дослідження роботи хлібопекарської печі К-ПХМ-25

Визначення фактичної продуктивності печі, ваги тістової заготовки (табл. 4), упікання тістової заготовки по ширині колиски (табл. 5).

Результати дослідів наведені нижче:

- 4.1. Рецепт на хліб «Дарницький», подовий, 0,8 кг:
- борошно пшеничне 1 сорту — 40 кг,
 - сіль кухонна — 1,4 кг,
 - дріжджі — 0,5 кг.

Разом 101,9 кг.

4.2. Розрахункова продуктивність:

- кількість робочих колисок — 31 шт,
- кількість виробів на колисі — 8 шт,
- час випікання — 42 хв.

$$P_p = \frac{60 \cdot 31 \cdot 8 \cdot 0,8}{42} = 283,42 \text{ кг/год.}$$

Фактична продуктивність:

$$P_f = 283,42 \times 0,96 \times 0,99 = 269,36 \text{ кг/год.}$$

де 0,96 — коефіцієнт використання печі; 0,99 — коефіцієнт зворотних відходів.

4.3. Визначення упікання хліба по ширині колиски.

4.4. Витрати електроенергії.

Встановлена потужність:

- двигун приводу конвеєра 2,2 кВт, $K_{\text{використання}} = 0,1$,
- двигун вентилятора рециркуляції 5,0 кВт, $K_{\text{використання}} = 0,9$,
- двигун запальника 0,75 кВт, $K_{\text{використання}} = 0,75$.

Разом: 7,95 кВт.

Витрати електроенергії за зміну:

$$2,2 \times 8 \times 0,1 = 1,76 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$5,0 \times 8 \times 0,9 = 36 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$0,75 \times 8 \times 0,75 = 4,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Разом 42,26 кВт · год.

4.5. Паливо-пічне побутове (ТПБ) ТУ 38.101.656-67.

Запальник блочний рідино-паливний БГ-Ж-0,5. Максимальні витрати палива при теплоті згорання 41 МДж/кг дорівнює 48 кг/год.

Таблиця 4

Вага тістової заготовки та хліба по ширині колиски, в залежності від колиски

№ колиски	Вага тістової заготовки по ширині колиски, гр							Вага хліба по ширині колиски, гр						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
4	920	920	925	920	925	920	920	830	825	840	840	840	830	835
12	915	925	920	920	925	920	920	825	830	830	835	830	820	825
22	920	925	915	915	925	915	915	840	835	835	835	840	835	835

Таблиця 5

Упікання в залежності від колиски

№ колиски	Упікання, гр							Упікання, %						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
4	90	95	85	85	80	90	85	9,7	10,3	9,1	8,6	9,1	9,8	9,2
12	90	95	90	85	95	95	95	9,8	10,2	9,7	9,2	10,2	10,4	10,3
22	80	90	80	80	85	85	80	8,6	9,7	8,7	8,7	9,1	9,2	8,7

На дану піч отримано сертифікат відповідності за № UA 1.003.25949-00 Державного комітету України по стандартизації, метрології та сертифікації та розроблені технічні умови ТУ У 19402247-05-01, які затверджені Державним департаментом з нагляду за охороною праці та Українським центром Державного санепідемнагляду. Отримано патент № 41091 [3].

В табл. 6. показано отримані при експериментах зміни температури відпрацьованих газів t_{yx} у залежності від продуктивності, і відповідна зміна втрати теплоти з відпрацьованими газами q_r .

Таблиця 6

Зміни температури відпрацьованих газів t_{yx} у залежності від продуктивності

№ п/п	Продуктивність, кг/с	Температура відпрацьованих газів, °C	Втрати теплоти з відпрацьованими газами, %
1	0,069	302	7,6
2	0,072	318	7,9
3	0,076	322	8,2
4	0,079	340	8,5

З табл. 6 видно, що залежності температури відпрацьованих газів і втрати теплоти з відпрацьованими газами від продуктивності виявилися лінійними. При цьому середня температура відпрацьованих газів, з урахуванням продуктивності палива апроксимується розрахунковою залежністю:

$$t_{\text{від}} = 219 + 1486G, \text{ } ^\circ\text{C},$$

де G — продуктивність, кг/с.

Лінійну залежність температури відпрацьованих газів від продуктивності печі можна пояснити, проаналізувавши характер зміни основних експериментальних і розрахункових параметрів роботи (табл. 7). Параметри в табл. 7 приведені для наочності тільки для чотирьох характерних режимів, що лежать на границях і в середині досліджуваного діапазону продуктивності.

Таблиця 7

Зміни основних експериментальних і розрахункових параметрів роботи

Параметри	Режими обігріву			
	1	2	3	4
Навантаження G , % (кг/с)	100 (0,069)	105 (0,072)	110 (0,076)	115 (0,079)
Витрата палива B , м ³ /год	40,2	44,0	47,5	48,0
Температура робочих газів t_p , °C	530	552	580	595
Об'єм рециркулюючих газів $V_{\text{рц}}$, м ³ /м ³	94	89	81	78
Коефіцієнт витрати повітря в робочих газах α_p	2,9	2,86	2,82	2,8
Коефіцієнт рециркуляції r	2,74	2,59	2,36	2,28
Тепловіддача продуктів згорання ΔI , МДж/м ³	20,4	19,7	19,2	18,7

На підставі даних табл. 7 були розраховані складові теплового балансу печі. Результати обчислень приведені в табл. 8. Втрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря розраховували при середній продуктивності 107,5 %.

Таблиця 8

Розрахунок питомої теплоти

N п/п	Вид витрати теплоти на:	Позначення	Величина, кДж/кг
1	випікання	$q_1^{\text{п.к}}$	438
2	перегрів пари	$q_2^{\text{п.к}}$	104
3	нагрівання вентиляційного повітря	q_3	259
4	нагрівання транспортних пристроїв	q_4	80
5	навколишнє середовище	q_5	42

Сумарна тепловіддача $\sum Q = 156,2$ кВт.

Дані табл. 8 використані при обчисленні тепловіддачі гріючих газів у робочу камеру. Результати розрахунків приведені у % відносно до теплового потоку в камері при продуктивності 100 %.

Використовуючи аналітичні й експериментальні співвідношення знайдені витрати палива на холостий хід печі, тобто на роботу печі з нормальними теплотехнічними параметрами (температура в пекарній камері), але без вироблення продукції. Обрахунки витрат палива на холостий хід печі показали, що $B_x = 9,13$ м³/ч.

Коефіцієнт холостого ходу печі визначаємо, як відношення витрат палива на холостий хід печі до витрат палива при нормальній (розрахунковій) продуктивності печі.

Коефіцієнт холостого ходу печі складає 0,253 при витраті палива 44,0 м³/т.

Величина витрати палива на холостий хід і коефіцієнт холостого ходу печі можуть бути використані в економічних розрахунках, пов'язаних із плануванням роботи печей і підтримки їх у гарячому резерві.

5. Обговорення результатів дослідження конструкції хлібопекарських печей

Як видно з табл. 7 для даної печі, також і в інших хлібопекарських печах аналогічної конструкції, об'єм рециркулюючих газів з ростом навантаження зменшується. Це відбувається внаслідок того, що вентилятор рециркуляції не може змінювати свої характеристики при зміні продуктивності печі. При цьому зміна теплового потоку у робочій камері визначається зміною температурного напору від гріючих газів. Це приводить до зміни температури гріючих газів разом з продуктивністю печі, що впливає, внаслідок росту температури відпрацьованих газів, на економічність печі. Для зменшення цього впливу необхідно разом з зміною продуктивності (витрат теплоти) змінювати об'єм рециркулюючих газів, зберігаючи кратність рециркуляції.

6. Висновки

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано:

1. Уточнена методика теплового розрахунку хлібопекарських печей, що дозволяє комплексно визначати оптимальні параметри РК печі; технологічні витрати, обумовлені вологовіддачею від ВТЭ; змінну температуру і масу їх складових частин; кількість переданої теплоти в окремі зони технологічної камери при відповідній витраті первинної енергії.

2. Розробити і впровадити у виробництво нові енергозберігаючі конструкції хлібопекарських печей К5-ПХМ, К5-КВО, що забезпечують поліпшення якості хлібо-булочних виробів за допомогою зонного регулювання енергопідвода і застосування РК систем обігріву з розвиненою поверхню теплообміну (авторські свідоцтва).

Десять з цих конструкцій печей впроваджені на хлібопекарських підприємствах України.

Література

1. Володарский, А. В. Промышленные печи пищевых производств [Текст] / А. В. Володарский, М. Н. Сигал, И. М. Ничиков. — К.: Техника, 1986. — 136 с.
2. Гинзбург, А. С. Теплофизические основы процесса выпечки [Текст] / А. С. Гинзбург. — М.: Пищепромиздат, 1955. — 475 с.
3. Хлібопекарська піч [Електронний ресурс]: пат. України № 41091, МПК7 A21B5/00 / Ковальов О. В., Остапенко В. К., Димніч О. В. — 2001020853; заявл. 07.02.2001; опубл. 15.08.2001, Бюл. № 7. — Режим доступу: \www/URL: <http://uapatents.com/3-41091-khlibopekarska-pich.html>
4. Михелев, А. А. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производств [Текст] / А. А. Михелев, Н. М. Ицкович, М. Н. Сигал, А. В. Володарский. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 327 с.
5. Лисовенко, О. Т. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв [Текст] / О. Т. Лисовенко, О. А. Руденко-Грицюк, І. М. Литовченко, С. Д. Дудко, І. В. Зірініс, С. І. Сидоренко, О. В. Ковальов та ін.; за ред. О. Т. Лисовенка. — К.: Наукова думка, 2000. — 282 с.
6. Краснопевцев, Н. И. Основные вопросы расчета и конструирования печей [Текст] / Н. И. Краснопевцев. — М.: Хлебопекарная промышленность. — 1940. — № 10. — С. 7–19.
7. Лисовенко, А. Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах [Текст] / А. Т. Лисовенко. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 214 с.
8. Маклюков, Й. И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства [Текст] / Й. И. Маклюков, В. И. Маклюков. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 272 с.
9. Фогель, В. О. Аналитическое исследование влияния теплового режима на начальную фазу выпечки хлеба [Текст] / В. О. Фогель // Труды ВНИИХП. — М.: Пищепромиздат, 1953. — С. 199–208.
10. Bakshi, A. Thermophysical properties of bread rolls during baking [Text] / A. Bakshi, J. Yoon // Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie. — 1984. — № 17. — P. 90–93.
11. Christensen, A. Optimization of the baking process with reseed to quality and energy [Text] / A. Christensen, I. Blomqvist, C. Skjolbedarf. — London and New York: Elsevier Applied Science Publishers, 1984. — P. 482–486.
12. Paloheimo, M. Optimization of baking process: Combined heat transfer [Text] / M. Paloheimo, Y. Malkki, S. Kajaluoto. — London and New York: Elsevier Applied Science Publishers, 1984. — P. 487–491.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПЕЧЕЙ

Определение рациональных режимов работы хлебопекарных печей есть существенной задачей, потому что работа печи при этом режиме может привести к значительной экономии топлива. В промышленных печах одной из основных величин, больше всего чувствительной к изменению, есть температура уходящих газов. Поэтому задача определения тепловой нагрузки печи есть очень существенной.

Ключевые слова: рациональный режим, хлебопекарная печь, топливо, температура, теплота, производительность, хлеб.

Ковальов Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, e-mail: rait2006@ukr.net.

Ковалев Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых и фармацевтических производств, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.

Kovalev Oleksandr, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: rait2006@ukr.net

УДК 631.333.5

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.34170

Пономаренко Н. О.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Розроблено програму, методику та отримані результати експериментальних досліджень відцентрового робочого органу для внесення мінеральних добрив. Запропоновано роторний робочий орган, конструкційні особливості якого дозволяють покращити рівномірність розсіювання мінеральних добрив. Розроблено оригінальні методики визначення критичної швидкості удару об металеву поверхню з врахуванням вологості гранул та впливу дії вітру на кінцевий розподіл.

Ключові слова: мінеральні добрива, розкидач відцентрового типу, лопаті, відцентровий робочий орган, диск.

1. Вступ

Ефективність добрив у значній мірі залежить від правильного сполучення прийомів їхнього внесення в ґрунт. Існують два способи використання добрив: суцільний поверхневий розсів і внутріґрунтове внесення.

У залежності від термінів і норм виконують основне і приписівне внесення, а також підгодівлі [1].

Розкидачі мінеральних добрив відцентрового типу, в яких використовуються диски з можливістю внесення робочої суміші на поверхню під кутом до горизонту отримали широке розповсюдження. Пояснюється це